

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10012684
PUBLICATION DATE : 16-01-98

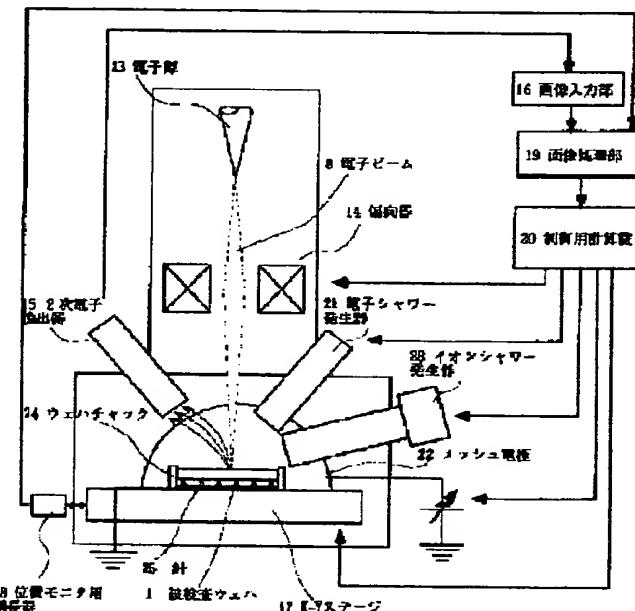
APPLICATION DATE : 26-06-96
APPLICATION NUMBER : 08165550

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : OOGAYA KAORU;

INT.CL. : H01L 21/66 G01B 15/04 G01N 23/225
G01R 31/302

TITLE : METHOD AND EQUIPMENT FOR
INSPECTING SEMICONDUCTOR
DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inspecting method using a scanning electron microscope and an equipment for it with which an electron beam which is stable extending over a long time is obtained for a sample without being affected by charging-up.

SOLUTION: Charging-up is controlled by irradiating the surface of a sample wafer with an electron shower and an ion shower. Charging-up is controlled with a controlling calculator 20 according to an inspection condition and a material quality of the sample, etc. A stable electron beam image wherein a condition of charging-up does not charge is inputted with a secondary electron detector 15, and then compared/inspected at a picture processing part 19, to detect a defect of a semiconductor device. By this, an influence on the electron beam image due to charging-up of the surface of the sample is avoided, and a stable inspection extending over a long time is realized with the electron beam image. Further, by feeding an inspection result back to a semiconductor manufacturing process, a defective coefficient of the semiconductor device is reduced, and reliability is improved.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-12684

(43)公開日 平成10年(1998)1月16日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 21/66
G 01 B 15/04
G 01 N 23/225
G 01 R 31/302

識別記号 庁内整理番号

F I
H 01 L 21/66
G 01 B 15/04
G 01 N 23/225
G 01 R 31/28

技術表示箇所
J
L

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平8-165550

(22)出願日 平成8年(1996)6月26日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
田中 麻紀
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内
広井 高志
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内
渡辺 正浩
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

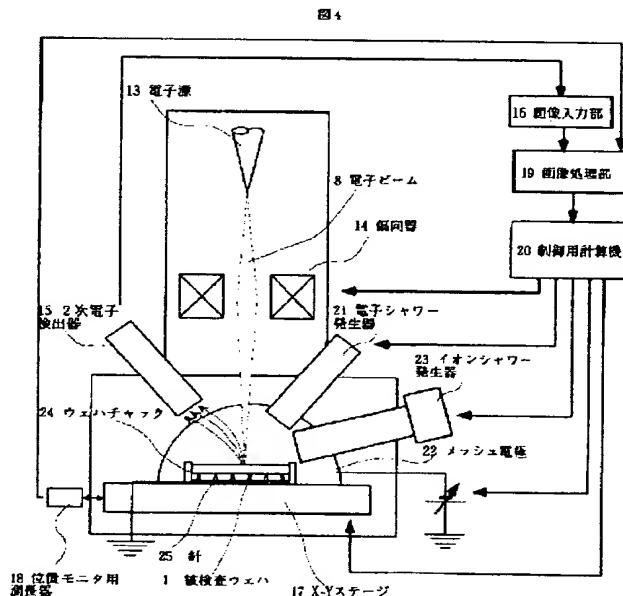
(54)【発明の名称】 半導体装置の検査方法及びその装置

(57)【要約】

【課題】チャージアップの影響を受けずに、試料を長時間にわたって安定な電子線像を得ることが可能な、走査電子顕微鏡を用いた検査方法およびその装置を提供する。

【解決手段】電子シャワーあるいはイオンシャワーを被検査ウェハ表面へ照射することによりチャージアップを制御する。チャージアップの制御は検査条件、試料の材質等に応じて制御用計算機20により行う。チャージアップの状態が変化しない安定な電子線像を2次電子検出器15により入力し、画像処理部19において比較検査を行い、半導体装置の欠陥を検出する。

【効果】試料表面のチャージアップによる電子線像への影響を防止でき、電子線像を用いて長時間にわたり安定な検査を実現できる。また、検査結果を半導体製造プロセスにフィードバックすることにより半導体装置の不良率を低減し、信頼性を向上させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】電子線像を用いた半導体装置の検査方法であって、前記半導体装置の被検査領域の帶電の状態を制御し、該帶電の状態を制御した状態で電子線を前記被検査領域に照射し、該電子線の照射により前記被検査領域から発生する2次電子を検出して前記被検査領域の2次電子像を得、該2次電子像に基づいて前記半導体装置の前記被検査領域に形成された前記半導体装置の回路パターンの外観を検査することを特徴とする半導体装置の検査方法。

【請求項2】電子線像を用いた半導体装置の検査方法であって、

前記半導体装置の被検査領域に電子線を照射し、該電子線の照射により前記被検査領域から発生する2次電子を検出して前記被検査領域の2次電子像を得、該2次電子像に基づいて前記被検査領域の帶電の状態をモニタし、該モニタした結果に基づいて前記被検査領域の帶電の状態を制御し、該帶電の状態が制御された状態で前記2次電子像に基づいて前記半導体装置の前記被検査領域に形成された前記半導体装置の回路パターンの外観を検査することを特徴とする半導体装置の検査方法。

【請求項3】前記半導体装置の被検査領域の帶電の制御を、前記半導体装置に非接触な手段を用いて行うことを特徴とする請求項1又は2の何れかに記載の半導体装置の検査方法。

【請求項4】前記非接触な手段を用いて行うことが、前記被検査領域に電子をシャワー状に照射することにより行うことを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の検査方法。

【請求項5】前記非接触な手段を用いて行うことが、前記被検査領域にイオンをシャワー状に照射することにより行うことを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の検査方法。

【請求項6】前記非接触な手段を用いて行うことが、前記被検査領域の近傍にガスを導入することにより行うことを行うことを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の検査方法。

【請求項7】前記非接触な手段を用いて行うことが、前記被検査領域の近傍にプラズマを発生させることにより行うことを行うことを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の検査方法。

【請求項8】前記半導体装置の被検査領域の帶電の制御を、前記半導体装置に接触する手段を用いて行うことを特徴とする請求項1又は2の何れかに記載の半導体装置の検査方法。

【請求項9】電子線像を用いた半導体装置の検査方法であって、

電子線を照射する前に前記半導体装置の少なくとも被検査領域の帶電を飽和の状態にし、該帶電を飽和の状態にした被検査領域に前記電子線を照射し、該電子線の照射により前記被検査領域から発生する2次電子を検出し、該検出した2次電子から前記被検査領域の2次電子像を得、該2次電子像に基づいて前記被検査領域に形成された前記半導体装置の表面を検査することを特徴とする半導体装置の検査方法。

【請求項10】電子線像を用いた半導体装置の検査装置であって、

前記半導体装置の被検査領域に集束させた電子線を走査して照射する電子線照射手段と、前記被検査領域の帶電の状態を制御する帶電制御手段と、前記電子線照射手段で前記被検査領域に照射した前記電子線により前記被検査領域から発生する2次電子を検出して前記被検査領域の2次電子像を作成する2次電子像作成手段と、

前記帶電制御手段により前記被検査領域の帶電を制御した状態で前記電子線照射手段で前記電子線を前記被検査領域に照射して前記2次電子像作成手段により得られる2次電子像に基づいて前記被検査領域に形成された前記半導体装置の回路パターンの外観を検査する外観検査手段とを備えたことを特徴とする半導体の検査装置。

【請求項11】電子線像を用いた半導体装置の検査装置であって、

前記半導体装置の被検査領域に電子線を照射する電子線照射手段と、

該電子線照射手段で照射した電子線により前記被検査領域から発生する2次電子を検出して前記被検査領域の2次電子像を作成する2次電子像作成手段と、

該2次電子像作成手段で作成した前記被検査領域の2次電子像に基づいて前記被検査領域の帶電の状態をモニタする帶電モニタ手段と、

該帶電モニタ手段によりモニタした前記被検査領域の帶電の状態に基づいて前記被検査領域の帶電の状態を制御する帶電制御手段と、

該帶電制御手段により前記被検査領域の帶電が制御された状態で前記2次電子像に基づいて前記半導体装置の前記被検査領域に形成された前記半導体装置の回路パターンの外観を検査する外観検査手段とを備えたことを特徴とする半導体装置の検査装置。

【請求項12】前記帶電制御手段が、前記半導体装置に非接触で前記被検査領域の帶電の制御を行うことを特徴とする請求項10又は11の何れかに記載の半導体装置の検査装置。

【請求項13】前記帶電制御手段が、前記被検査領域に

電子をシャワー状に照射する電子シャワー照射手段であることを特徴とする請求項12に記載の半導体装置の検査装置。

【請求項14】前記帶電制御手段が、前記被検査領域にイオンをシャワー状に照射するイオンシャワー照射手段であることを特徴とする請求項12に記載の半導体装置の検査装置。

【請求項15】前記帶電制御手段が、前記被検査領域の近傍にガスを導入するガス導入手段であることを特徴とする請求項12に記載の半導体装置の検査装置。

【請求項16】前記帶電制御手段が、前記被検査領域の近傍にプラズマを発生させるプラズマ発生手段であることを特徴とする請求項12に記載の半導体装置の検査装置。

【請求項17】前記帶電制御手段が、前記半導体装置に接触して前記被検査領域の帶電の制御を行うことを特徴とする請求項10又は11の何れかに記載の半導体装置の検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体装置の製造方法に係わり、特に電子走査顕微鏡を用いた半導体装置のパターン検査技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図1に示すように、半導体装置の製造プロセスは多数のパターン形成行程の繰り返しにより成る。それぞれのパターン形成は、成膜、感光レジスト塗布、感光、現像、エッチング、レジスト除去、洗浄の各工程により構成されている。このそれぞれの工程において製造条件が最適化されていなければ、半導体装置の回路パターンが正常に形成されず、パターンに欠けや変形が生じると不良品が発生することになる。これらの半導体装置はウェハ処理工程終了後、電気的に検査され、フェイルビット解析などの手法により不良発生原因を調査しその対策を行う。しかし、このような手法は製造工程の途中で不良が発生していても、その製品がウェハ処理工程が終了するまで不良の発生が検知できないという不都合があり、半導体装置の製造期間は通常数十日を要するため、このような手法では不良対策を行わないまま不良製品を大量に製造してしまうといった問題があった。

【0003】これに対し、図1に示すように製造プロセスの各工程において、製造過程の製品の検査を行えば、装置の不具合等によりパターン欠陥が発生した場合も原因究明・対策を早期に行える。その結果、不良製品の割合を低下させ、生産効率を向上させることが可能となり、収益向上に大きく貢献できる。

【0004】このような半導体装置の製造過程におけるウェハ上の回路パターンの欠陥検査は、被検査パターンと良品パターンや被検査ウェハ上の同種のパターンとの比較により行なわれており、寸法が0.5μm程度の欠陥の

検出が可能な光学顕微鏡画像を用いた検査装置が多く実用化されている。半導体装置の回路パターン構造は非常に微細で、既にその寸法が1μm以下の製品も多く製造されており、その検査についても0.1μm以下の寸法の異物や欠陥を検出できる検査技術の必要性が高まっている。従来の光学顕微鏡に比べ、電子顕微鏡では原理的に高い解像度を得ることができるので、このような半導体装置の微細化への対応が期待されている。また、洗浄時乾燥不良による異常酸化や、レジストなどの光学的に透過な材質は従来の光学顕微鏡では観察が困難であるといった問題がある。これに対し、電子顕微鏡による電子線像は一般に表面のみの観察であるので、透明な材質や反射率の低い材質などに対してもパターン検査が可能となる。このような理由から、電子顕微鏡画像を用いた高感度な検査技術の開発が行われている。

【0005】電子顕微鏡は解像度の高い画像を得ることが可能であるが、電子顕微鏡特有の帶電現象により画像の質が不安定に変化するという問題点がある。これは電子線照射により試料表面が帶電し、2次電子放出効率の変化が生じるため得られる電子線像の質が変化するものであり、試料表面の帶電が進むと1次ビームを偏向させ像に歪みを生じることもある。この帶電現象は試料が絶縁材料のときに生じ、一般に絶縁材料が多く使用される半導体装置の回路パターンの検査では大きな問題となる。

【0006】図2はこのような帶電現象による電子線像の変化の一例である。図2の矢印で示した順に被検査ウェハを順次検査すると、撮像場所や時間により試料表面の帶電状態が変化するため、得られる電子線像も変化する。図2において5と6では電子線像のパターンの明るさおよびコントラストが変化しており、7ではパターンの寸法も変化している。電子線像を用いた欠陥検査の場合には、図2に示すように試料表面へのチャージアップ等により電子線像が時間変動するため、画像を1度空間微分して明るさのドリフトの影響を少なくするなどの処理を行ない、画像を比較する必要があった。

【0007】さらに、図2の7のように明るさのみでなく、その形状が時間変動する場合もあり、そのような場合には形状の変化に対応するような処理も必要となる。このような電子線像の時間変動がある場合には、長時間の検査の間に得られる電子線像が変化するため、ウェハ全面の比較検査は困難であり、ウェハ内の欠陥分布などを得ることができないといった問題がある。半導体装置の製造過程における回路パターンの外観検査はランダムに発生する欠陥を検出するため、ウェハ全面にわたる検査が要求される場合も多く、またウェハ内の欠陥分布は欠陥発生原因の究明に非常に有効な情報である。常に安定な条件での検査は半導体装置製造プロセスをモニタし、パターンの露光条件などの製造条件の不具合を早期に発見するためにも不可欠である。

【0008】試料のチャージアップが常に同じ状態で電子線像を得る手段として特開昭63-218803がある。これは電子線照射開始から常に一定の時刻で電子線像の入力を行うことにより、常に同じ帶電条件で電子線像を得るものであるが、これは電子線照射後の急激な電子線像の変化に対応するための手段であり、長時間の検査によりウェハ全体に生じる大域的な帶電状態の変化には対応することができないため、長時間にわたる検査では安定した電子線像が得られないといった問題点がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、コントラストの変化・反転など電子線像の明るさが大きく変化する場合には単純な濃淡比較では検査が行えず、また一般に画像処理で多く用いられている閾値処理においても電子線像の時間変動がある場合は閾値の設定が非常に困難となる。電子線像の明るさのみが変化する場合には、空間微分画像を用いるなどの処理により明るさ変動の影響を減少させることができるが、空間微分処理は画像中に含まれるランダムノイズを強調してしまうため、このようなノイズが欠陥と誤認識されてしまう。また、図2の7のようにパターン形状が変化してしまう場合には形状の変化を許容するような処理が必要となるが、許容幅を大きくとると実際のパターンの細り等の欠陥を検出することが困難となる。このような欠陥は製造プロセスの変動に起因するものが多く、早期に発見・対策することが必要であり、検出漏れは許されない。

【0010】本発明の目的は試料上のチャージアップの状態を制御することにより、電子線像の明るさや形状の変化を抑制し、長時間の検査においても安定した電子線像を得る手段を提供し、実現することにより、高感度で信頼性の高い検査装置を実現することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的は、被検査ウェハにおいて、電子ビーム照射位置における帶電の状態を制御し一定に保つことにより、常に同じ条件で電子線像を得ることで達成される。

【0012】図3に電子ビームの走査により試料の帶電の状態が変化する様子を示す。a)はパターンが帶電していない場合、b)はパターン上に電荷が蓄積している場合に電子ビームの走査によりパターンの帶電の状態が変化する様子を示している。このように、電子ビームの走査により試料上に電荷が蓄積されたりまた蓄積された電荷が拡散したりすることにより、被検査ウェハ上に不均一な帶電が生じ、図2に示したように電子線像に明るさ形状などの変化が生じる。しかし、図3c)のように試料上の電荷が飽和状態になっている場合には、そのパターン上をさらに電子ビームが走査しても試料上の帶電の状態は変化しない。また試料の電位を常に一定に保つことによっても、常に帶電の生じない状態の画像を得ることができる。

【0013】このように帶電の状態の制御は試料を予め故意に帶電させ、試料上の電荷を飽和状態にしたり、試料表面に正あるいは負の電荷を与えることにより試料表面に蓄積する電荷を中和したり、接地により試料を常にアース電位に一定に保つことにより行なう。また、検査中にこれらの操作を画像入力に対して決まったタイミングで行なうことにより、試料上の帶電が常に同じ状態となることが期待でき、毎回ほとんど同じ帶電状態で試料の画像入力が行なえる。また、帶電状態の変化により電子線像が変化するため、検査中に得られる電子線像を用いれば試料の帶電状態をモニタすることも可能となる。

【0014】このとき、試料上への帶電の状況は、材質や形状等の被検査物の種類や電子ビームの加速電圧等の検査条件などに依存するので、それらに応じて前記の帶電状態の制御方法を決定する手段も必要である。

【0015】このようにすれば、ウェハ上の各検査位置における電子線像は長時間における検査においても常に同じ条件で入力できる。そのため、長時間の間隔をおいて撮像された画像や、異なるウェハ間で撮像された画像内においても同種パターンの画像は欠陥部分以外はほとんど同じものとなる。従って、これらを比較して、その違いから欠陥部分を識別する検査装置においても、画像の差信号から容易に欠陥部分のみの検出が可能となる。それにより、良品部分を欠陥と見誤ることが少くなり、長時間にわたる検査においても高い検出感度を実現することができる。また、常に安定な画像を得ることができるために長時間の検査が可能となり、ウェハの全面検査やウェハ間にわたっての検査などが実現できる。このような検査装置の実現により、半導体の製造過程において欠陥の発生原因究明および対策を速やかに行なうことができ、その結果製品の歩留まり向上に貢献できる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施例を図4～図13により説明する。図4は本発明に係る半導体パターン検査装置の構成図である。電子源13から発せられ細く絞られた電子ビーム8は偏向器14により偏向され、試料である半導体ウェハ1上面を任意の順序で走査できる。電子線を照射された被検査ウェハ1から発生した2次電子信号は2次電子検出器15により検出され、画像入力部16に画像信号として入力される。被検査ウェハはX-Yステージ17により移動可能であり、ステージ移動に同期した電子ビームの照射および画像入力が可能である。

【0017】画像信号とステージの位置測長部18より検出される検査位置情報を基に画像処理部19により予め記憶された良品パターンや被検査ウェハ上の異なる場所あるいは異なるウェハ上の同種パターンと比較して欠陥判定を行う。電子光学系およびX-Yステージの動作は制御用計算機20により制御される。予め制御用計算機に被検査ウェハの製品名・工程名、電子ビームの加速電圧、走査位置・速度、ステージ移動位置・速度、信号検出の

タイミングなどの条件を入力しておく。

【0018】21は電子シャワー発生器であり、電子の照射により試料表面を負に帯電させることができる。22はメッシュ電極であり、電子シャワー発生器21から照射される電子シャワーによる電子が2次電子検出器15により検出されるのを阻止し、2次電子のみの検出を可能にする。

【0019】23はイオンシャワー発生器であり、イオンの照射により試料表面を正に帯電させることができる。電子シャワー発生器21およびイオンシャワー発生器23は制御用計算機20により制御可能で、検査試料の種類により電子及びイオンの照射量、電子シャワーの照射エネルギー、メッシュ電極の電圧等を適切な値に設定し、それぞれの機能を適宜ON/OFFすることで試料表面の帯電の状態を制御する。帯電状態の制御方法は制御用計算機よりマニュアルで設定も可能であるが、予め制御用計算機に入力された検査条件より自動的な設定が可能である。

【0020】また、ウェハチャック24には接地のための針25が被検査ウェハ1に接触するように取り付けられており、試料基板を常にアース電位に保つことができる構造となっている。

【0021】このような装置構成により試料表面の帯電状態を制御し、時間変動の少ない常に安定な電子線像によるパターン検査を実現する。

【0022】次にチャージ量の制御方法に関するより詳細な実施例を示す。図5は2次電子放出能およびビーム径の1次電子加速エネルギー依存性を示している。2次電子放出能は試料の材質により変化するが、ほぼ500eVから1000eVの間で最大値をとる。2次電子放出能が1以上になる検査条件26では試料から放出される2次電子数が入射する1次電子数を上回るため試料表面は正に帯電し、2次電子放出能が1以下の条件27では負に帯電する。

【0023】このことから、図5において検査条件が2次電子放出能が1以上となる領域26においては正のチャージアップを防止するため図6に示すように試料表面に電子シャワー28による負のシャワー電子チャージ29を与える、逆に2次電子放出能が1以下となる領域27においては図7に示すようにイオンシャワー30による正のシャワーイオンチャージ29を与えることにより試料の帯電を防ぎ安定な2次電子像を得る。

【0024】図5に示すように、ビーム径は1次電子加速エネルギーに依存するので、検査時に所望のビーム径を決定し、その条件での試料の2次電子放出能を用いてチャージの制御の適切な方法を選択する。2次電子放出能は試料表面の材質などをもとに決定する。

【0025】図8は、電子シャワーによる帯電の制御方法の詳細な実施例である。先の実施例で述べたように、2次電子放出能が1以上の場合には試料表面に負の電荷を与えることにより試料表面の帯電の状態を安定に保

つ。このとき、電子シャワーにより照射される電子シャワー28と2次電子32の両方が2次電子検出器により検出されるのを防ぐため、メッシュ電極22により電子シャワーにより照射される電子を阻止する。

【0026】図9は、放出される電子のエネルギー分布を示しており、2次電子像は10eV程度の放出エネルギーの電子を検出すれば得られる。このことより、放出電子エネルギーが2次電子の放出エネルギーのピークより小さい数eV以下の電子は2次電子検出器で検出されないようにメッシュ電極に電圧をかけ、エネルギーフィルタ33を形成し、メッシュ電極を通過できないような低いエネルギーの電子を電子シャワー発生器により発生させて試料表面に照射することで、電子ビームを試料表面に照射しながら2次電子のみを検出することができる。

【0027】このような電子シャワーの照射量、エネルギー、メッシュ電極の印加電圧はサンプルに応じて制御用計算機により適切な値に設定する。反射電子像を入力する場合も同様に、反射電子のみが検出されるように、電子シャワーのエネルギーおよびメッシュ電極の電圧を設定すればよい。

【0028】図10は、イオンシャワーによる帯電の制御方法の詳細な実施例である。先の実施例で述べたように、2次電子放出能が1以下の場合には、試料表面に正の電荷を与えることにより試料表面の帯電の状態を安定に保つ。このときイオンシャワーの照射量は、サンプルに応じて制御用計算機により適切な値に設定する。電子線画像入力時にこれらの電子シャワーあるいはイオンシャワーの照射を行い、試料表面を常に同じ帯電状態に保つことにより、同じ条件の電子線画像が得られるため、長時間の検査においても比較検査が可能となる。

【0029】また、電子線の照射を開始してチャージアップするまでの時間が比較的長い試料の場合は、検査開始前に検査領域に予め電子あるいはイオンシャワーを十分に照射し、試料表面を電荷が飽和する状態にした後で電子線像の入力を開始することで安定した電子線像を獲得することができる。このとき、これらのイオンあるいは電子シャワーの照射と電子線像の入力のタイミングは被検査パターンの導電率などを用いて適切な値に決定する。

【0030】比較的導電性の高い試料は、試料内に入射した電荷が拡散する速度が大きく、接地により被検査ウェハ内の電位を常にアース電位に保つことにより電荷の蓄積を防止することができ、帯電による電子線像の変化を防ぐことができる。

【0031】図11～図13は被検査ウェハの接地方法の実施例である。図11はウェハの裏面に針を接触させて接地を行う方法である。図11に示すように、ウェハチャック24に溝を作り、そこにウェハ裏面全体に均一に接触するように針25を配置し、これらをアース電位に保つ。複数の針で裏面全体に均一に接触することができる。

ため、被検査ウェハ内の不均一な帶電を防止することができる。

【0032】図12は、ウェハの上面に針を接触させる方法であり、アース電位に保った針35を試料表面の適切な位置に立てる。ウェハのチャック方法によっては、測方からの支持のみで、ウェハに対して下方向に力を加えない方法で固定する場合もあり、このような場合は、図11に示した手段では、ウェハ裏面を針に十分に接触させることができない。ウェハ上面から針を接触させることによりウェハの固定方法によらず試料をアース電位に保つことができる。

【0033】図13は、ウェハの側面にナイフエッジを接触させる方法である。被検査ウェハの側面に鋭いナイフ状のエッジ30を接触させ、接地することによりウェハの電位を常にアース電位に保つ。この方法では、ウェハの固定法に拘わらず、ウェハ上面に傷をつけることなく、被検査ウェハを常にアース電位に保つことができる。これらの手段はウェハチャック方法などに応じて適宜選択する。

【0034】次に、図4の検査装置を応用した検査方法の第2の実施例について説明する。

【0035】第1の実施例では、検査中電子あるいはイオンシャワーを常時検査領域に照射して検査を実施するが、本実施例では、これらの照射のタイミングを変更して検査を行う。図14は、被検査ウェハ上の任意の2領域を検査する場合の電荷の状態の一例を示している。図14b)に示すように、検査領域D37の検査後検査領域Dへの電子線照射により、被検査ウェハ上に不均一な帶電が生じ、次の検査領域E38の帶電の状態にも変化が生じる。図14b)の状態で領域Eの電子線画像を入力すると、領域Dと領域Eでは検査時の帶電状態が異なるため、得られる画像にも明るさ等の変化が生じ、比較検査が困難となる。

【0036】このような問題を解決する手段として、本実施例では、図15に示す手順で電子線像入力を行う。図5において、2次電子放出能が1以上となる1次電子加速エネルギーの条件26で、検査を行う場合を仮定する。検査領域Dの電子線像入力前に、検査領域Dに電子シャワー28を照射し、電荷39により試料表面を負に帶電させ飽和状態とし、電子シャワーの照射を一度終了した後、検査領域Dの画像を入力する。次に検査領域Eに電子シャワー28を照射し、電荷40により試料表面を負に帶電させ飽和状態とした後、電子シャワーの照射を終了し、検査領域Eの画像を入力する。このようにして、常に試料表面の帶電を飽和した状態で画像入力を開始することにより、得られる電子線像は常に同じ帶電条件の画像となる。電子シャワーの照射範囲およびタイミングについては複数の検査領域の位置関係やその広さに応じて適宜変更する。

【0037】また、本実施例では電子線像入力時に電子

シャワーの照射を行わないため、メッシュ電極22によるエネルギーフィルタ33は不要となる。同様に図5において2次電子放出能が1以下となる1次電子加速エネルギーの条件33で検査を行う場合には電子シャワー29の代わりにイオンシャワー30の照射を行えば良い。

【0038】次に、図4の検査装置を応用した検査方法の第3の実施例について説明する。

【0039】前記した第2の実施例では、検査領域の帶電状態を予め飽和させた後検査を行ったが、本実施例では、検査中に得られる電子線像を処理することにより、試料の帶電の状態をモニタし、その状態に応じて電子あるいはイオンシャワーを照射して帶電の状態を制御する。

【0040】図16a)に示す順序で連続して電子線像を得て、検査を行う場合を考える。

【0041】被検査パターンは、図4において、2次電子放出能が1以上の条件26で検査を行っているものと仮定する。得られる電子線像の回路パターンの明るさの検査時刻による変化の例を、図16b)に示す。

【0042】41は帶電の制御を行わずに電子線の入力を行った場合で、2次電子放出能が1以上であるので電子線の走査により試料パターン表面が正にチャージアップし、検査時刻とともに像の明るさも変化する。このように電子線像の明るさは帶電の状態の変化に伴い変化するので、本実施例ではこの像の明るさにより被検査物の帶電の状態をモニタし、図16b)42に示すようにこのパターンの明るさを一定に保つように帶電状態を制御しながら検査を行う。

【0043】図17に帶電状態の制御方法の詳細を示す。画像入力部16より入力された2次電子映像信号43を処理し、回路パターンの明るさ44を得る。あらかじめ設定しておいた回路パターンの明るさの目標値45と検出されたパターンの明るさ44を比較し、その差46をもとに電子シャワーの照射量47を決定する。図16の例ではパターンが正に帶電することにより像が暗くなるので、検出された明るさが目標値より小さい場合にはその差に応じた量の電子シャワーを照射し、大きい場合は照射は行わない。

【0044】このように電子線像から帶電の状態の変化を得て、電子シャワーの照射量を決定することにより、図16b)42に示すように、電子線像の状態を一定に保つことができ、安定な検査が実現できる。ここで、回路パターンの電子線像の明るさ44は、得られる電子線像を回路部分と下地部分に分割し、該回路パターン部のみの明るさの平均を計算して得るものとする。

【0045】本実施例では、回路部の明るさを用いたが、被検査物の帶電の状態を反映するパラメータとして、電子線像全体の平均、回路部と下地部のコントラスト、回路部と下地部の面積の変化などを使用しても同様の機能が実現できる。また、用いるパターンの明るさの

目標値45は予め被検査パターンの電子線像を撮像し、その電子線像の明るさをもとに適切な値に設定する。

【0046】また一般に、図16b)41に示すように、一般に電子線照射の開始直後には電子線像の明るさが急激に変化する。この変化の大きさや時定数は試料により異なるが、安定な制御を行うためには、この急激に変化する範囲を避けて明るさの目標値を設定することが望ましい。またこのとき、検査開始時の電子線像の明るさを設定した目標値に十分近い値にしておくことでさらに安定な検査を実現することができる。目標値に十分近い明るさの電子線像により検査を開始するためには、帯電状態の制御を行わない状態41で電子線像の入力を開始し、電子線像の明るさの変化をモニタして、目標値に十分近づいて(時刻t13)から帯電状態を42の状態になるよう制御し、検査を開始すればよい。

【0047】また、さらに確実に目標値に近づけるためには、検査開始時に電子線像が設定した目標値になるように予め検査開始前に被検査試料にイオンシャワーを照射すればよい。図16b)42に示すように、時刻t11にイオンシャワーを照射して電子線像の明るさが目標値になったら(時刻t12)検査を開始する。このようにすることで、検査開始時から常に同じ帯電状態で検査を行うことができる。

【0048】同様に、図5において2次電子放出能が1以下となる1次電子加速エネルギーの条件27で検査を行う場合には、電子シャワーの代わりに、イオンシャワーの照射を行えば良く、また検査開始時に電子シャワーを用いることでさらに安定な検査を実現することができる。

【0049】次に、第1の実施例とは異なる方法により試料のチャージアップを防止する検査方法の、第4の実施例について説明する。電子顕微鏡では、試料室内の真空度が低いと、残留ガス分子による試料表面の汚染が問題となるため、通常試料室内の真空度は高真空中に保たれる。この試料室内にガスを導入して試料室内の真空度を下げる(圧力を上げると)と、入射電子の平均自由行程が短くなり、入射電子の一部とガス分子が衝突してイオン化するガス分子が増加する。従って、試料室内に不活性ガス又は窒素ガスを導入して低真空中(通常の電子ビーム照射雰囲気に比べて圧力の高い真空中)又は大気圧状態にすると、入射電子との衝突により発生する正イオンにより試料表面の電子が中和され、帯電を防止することができる。導入するガスとして、不活性ガスや窒素ガスを用いることにより、試料汚染のない低真空中を実現することができる。

【0050】本実施例の詳細を、図18により説明する。試料室を差動排気チャンバ48とし、ガスボンベ49によりAr, Kr, Neなどの希ガスを供給することにより試料室内の真空度を10⁻³~数Pa程度の低真空中に保つ。このとき、電子光学系は高真空中に保たれている。Ar, Kr, N

eなどの希ガスは物理吸着エネルギーが小さいため、試料室内をこれらのガス雰囲気とすることで試料表面の汚染を防ぐことができる。このようにして試料の汚染の生じない状態で低真空中を実現し、イオン化した残留分子により試料表面の電荷を中和することにより、常にチャージアップのない電子線像を入力して検査を行うことができる。

【0051】なお、図18では、導入した希ガスで試料室内全体の圧力を上げるような構造になっているが、ガスボンベからの配管に接続するノズルを用いて、希ガスを被検査ウェハ1の電子ビーム8を照射する場所の近傍に上記した圧力又はそれよりも高い圧力で局所的に供給し、電子ビーム8を照射する場所の近傍を局所的に高い圧力にすることによっても、同様の効果を得ることができる。この場合、試料室全体にガスを導入する場合に比べて、試料室の圧力を低く維持することができるとともに、試料室内に導入するガスの量を少なくすることもでき、試料室内部の汚染をより少なくすることができる。

【0052】更に、第5の実施例として、反射電子検出時にプラズマを用いた手段により試料の帯電を防止する検査の実施例について説明する。

【0053】試料室内にプラズマを発生させ、プラズマ中に被検査ウェハを設置すれば、プラズマ中の正および負の電荷が試料表面の電荷を中和し、帯電を防止することができる。プラズマ内には様々なエネルギーを持つ電子が存在するため、これらの電子と2次電子を分離することは困難である。本実施例ではメッシュ電極22によりエネルギーフィルタ34を形成し、エネルギーの高い反射電子のみを検出する手段について説明する。

【0054】図19に示すように、試料室を差動排気チャンバ48とし、Ar等の希ガス雰囲気とする。マグネット50によりECRポイントを形成し、発振器51より周波数2.45GHz付近のマイクロ波52を発生し、試料室内にプラズマ53を生成する。プラズマ内に存在する電子と、電子ビーム照射により発生する反射電子を分離するためにプラズマのエネルギーを反射電子以下に抑え、メッシュ電極22に電圧をかけエネルギーフィルタ34を形成し、反射電子54のみを反射電子検出器55により検出する。このような手段により常に試料のチャージアップのない安定な状態での反射電子像を得ることができる。

【0055】以上に説明したような手段を採用することにより、走査電子顕微鏡を用いて試料の観察又は検査するとき、チャージアップによる電子線画像への影響を防止することが可能となり、長時間にわたって安定した電子線画像を得ることができるようになる。その結果、走査電子顕微鏡で、試料上の微細なパターンを高精細にかつ、再現性良く観察して検査することが可能になる。

【0056】特に、本発明によれば、走査電子顕微鏡で試料上の同じ位置を観察した時間的に異なる複数の電子線画像を比較するとき、また、試料上の異なる位置の同

一パターン又は対応するパターンを観察した複数の電子線画像を比較するときに、それぞれチャージアップの影響を受けない安定した電子線画像を得ることができるのと、信頼性の高い比較を行うことができるようになる。

【0057】

【発明の効果】本発明によれば、長時間にわたる検査においても試料の帯電状態を常に同じ条件にして電子線像を入力することができるため、常に再現性の良い電子線像を得ることができる。そのため、長時間の間隔をおいて撮像された電子線像や、異なるウェハ間で撮像された電子線像を用いる場合もエッジ検出や位置ずれ許容などの複雑な処理を必要とせず、光学顕微鏡による検査で多く用いられているパターン比較原理に基づく検査と同様な検査が可能となり、長時間安定で高感度な検査が可能となる。電子線像は従来の光学顕微鏡に比べ高い解像度が実現可能であるため、微細化のすすむ半導体装置に対しても適用可能な検査装置を実現できる。

【0058】また、時間変動の無い安定な長時間検査の実現により、ウェハ内の欠陥分布やウェハ間検査、半導体製造プロセスのモニタなどが可能となる。これにより、半導体装置の不良発生原因の推定・早期対策が可能となり、歩留向上に貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体装置の製造プロセスを示すフローチャート図である。

【図2】帯電現象による電子線像の変化を示す図である。

【図3】電子ビームの走査により試料の帯電の状態の変化を示す試料の断面図である。

【図4】本発明に係る半導体装置の検査装置の略断面図である。

【図5】2次電子放出能及びビーム径の1次電子加速エネルギー依存性を示す図である。

【図6】本発明による試料への電子シャワーの照射状態を示す試料の断面図である。

【図7】本発明による試料へのイオンシャワーの照射状態を示す試料の断面図である。

【図8】本発明による電子シャワーを備えた検査装置の略断面図である。

【図9】放出される電子のエネルギー分布を示す図である。

【図10】本発明によるイオンシャワーを備えた検査装置の略断面図である。

【図11】本発明による被検査ウェハの接地方法を示す被検査ウェハとウェハチャック、試料台との略断面図である。

【図12】本発明による被検査ウェハの接地方法を示す被検査ウェハとウェハチャック、試料台との略断面図である。

【図13】本発明による被検査ウェハの接地方法を示す被検査ウェハとウェハチャック、試料台との略断面図である。

【図14】被検査ウェハ上の電荷の状態を示す被検査ウェハの平面図である。

【図15】本発明による被検査ウェハ上の電子線像の入力順序を示す被検査ウェハの平面図である。

【図16】a) 本発明による被検査ウェハ上の電子線像の入力順序を示す被検査ウェハの平面図である。

b) 電子線像の回路パターンの明るさの検査時刻tによる変化を示す図である。

【図17】本発明による帯電状態の制御方法を示すフローチャート図である。

【図18】本発明による第4の実施例を示す検査装置の略断面図である。

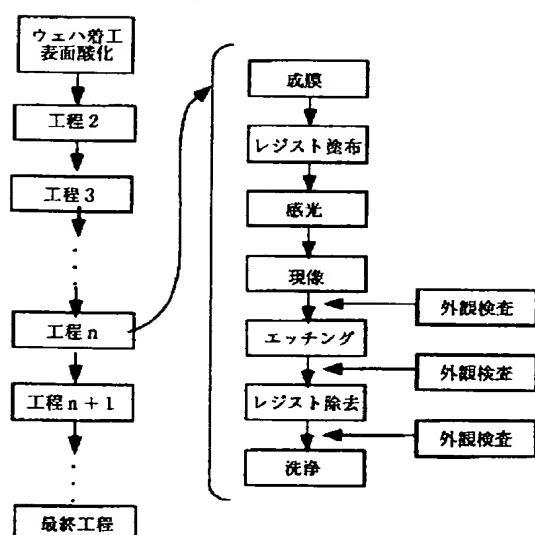
【図19】本発明による第5の実施例を示す検査装置の略断面図である。

【符号の説明】

1……被検査ウェハ、8……電子ビーム、9……ビーム走査、12……パターン、13……電子源、14……偏光器、15……2次電子検出器、16……画像入力部、19……画像処理部、20……制御用計算機、21……電子シャワー発生器、22……メッシュ電極、23……イオンシャワー発生器、24……ウェハチャック、25……針、26……2次電子放出能1以上となる1次電子加速エネルギー領域、27……2次電子放出能1以下となる1次電子加速エネルギー領域、28……電子シャワー、30……イオンシャワー、32……2次電子、33……エネルギーフィルタ、36……ナイフエッジ、39……電荷、41……帯電状態を制御しない場合、42……帯電状態を制御する場合、43……2次電子映像信号、44……回路パターンの明るさ、45……回路パターンの明るさの目標値、46……目標値との差、47……電子シャワー照射量、48……差動排気チャンバ、49……ガスボンベ、50……マグネット、51……発振器、52……マイクロ波、53……プラズマ、54……反射電子、55……反射電子検出器

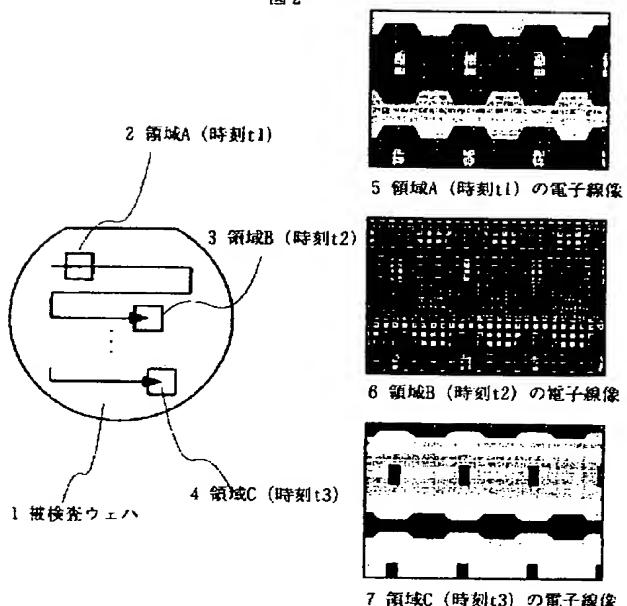
【図1】

図1



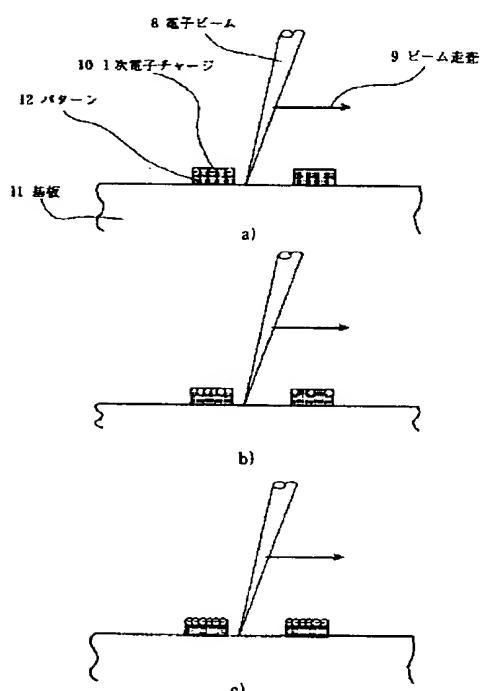
【図2】

図2



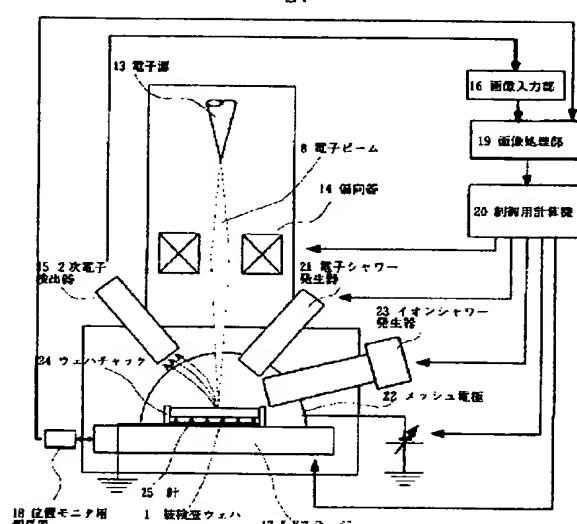
【図3】

図3



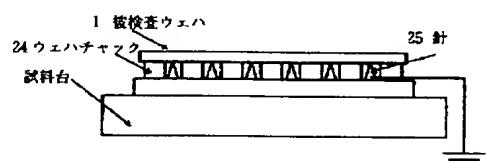
【図4】

図4



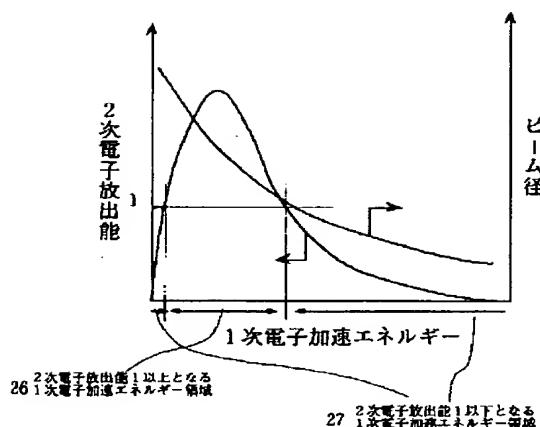
【図11】

図11



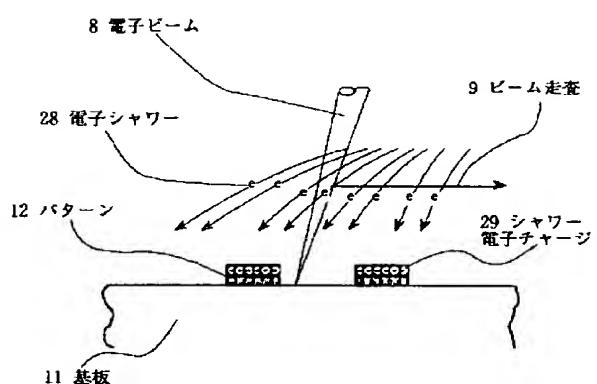
【図5】

図5



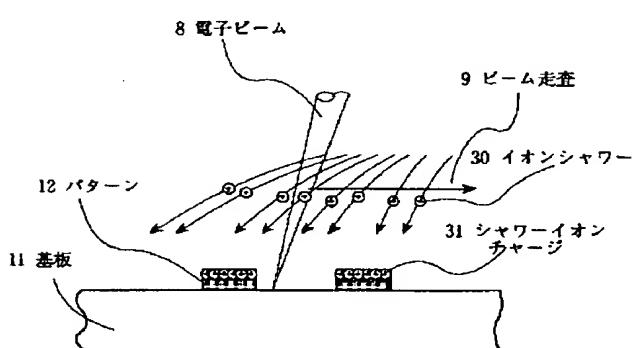
【図6】

図6



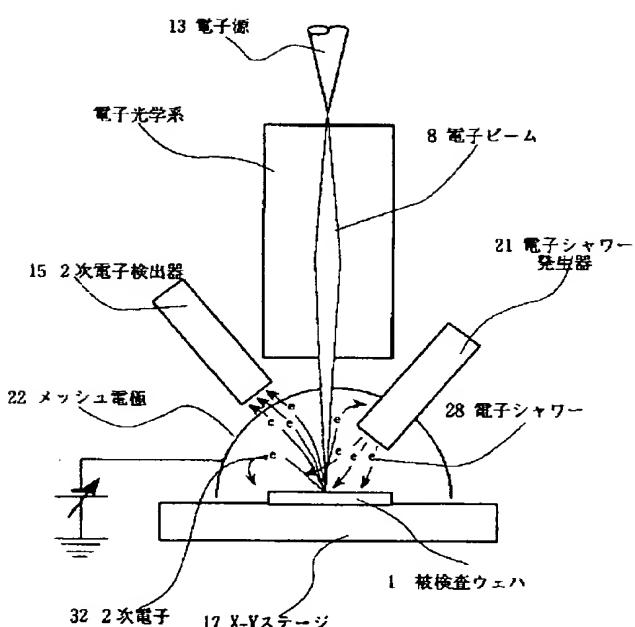
【図7】

図7



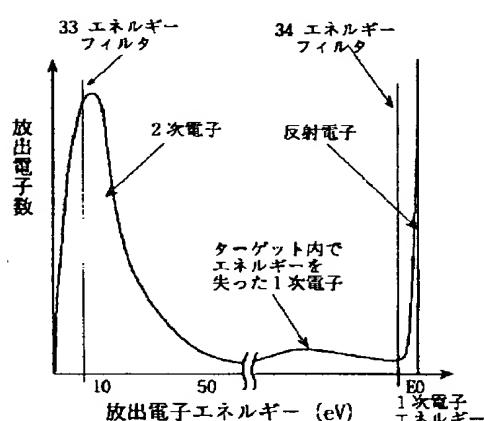
【図8】

図8



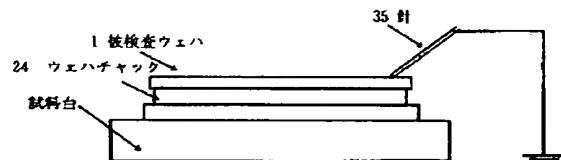
【図9】

図9

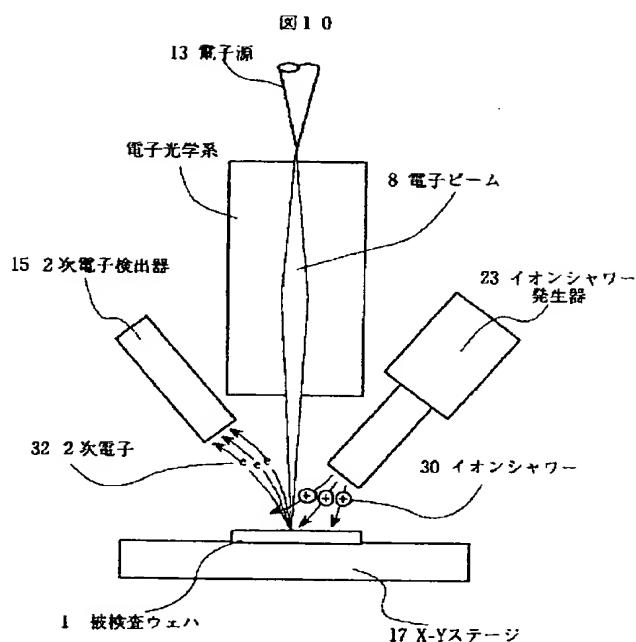


【図12】

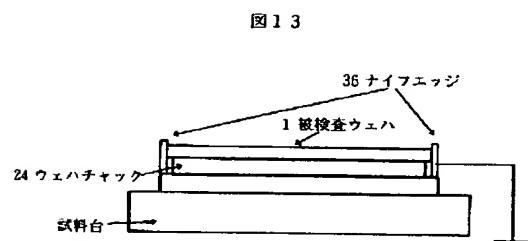
図12



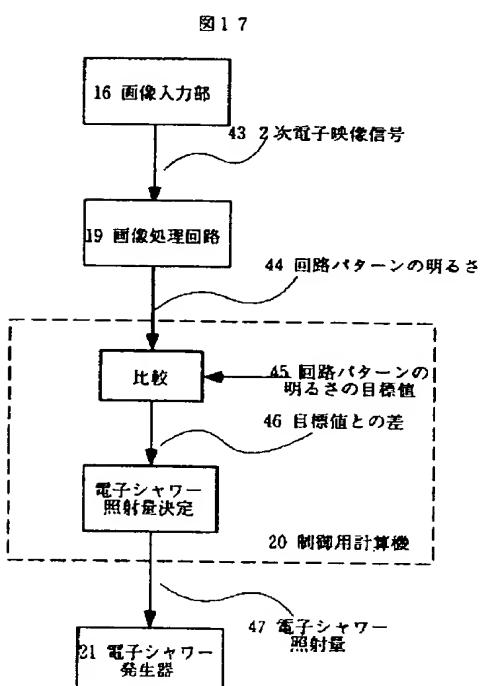
【図10】



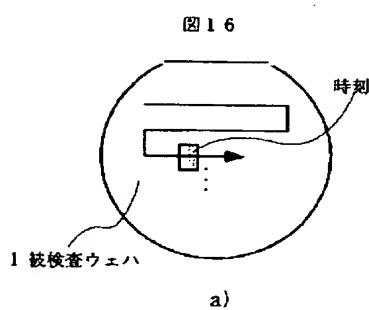
【図13】



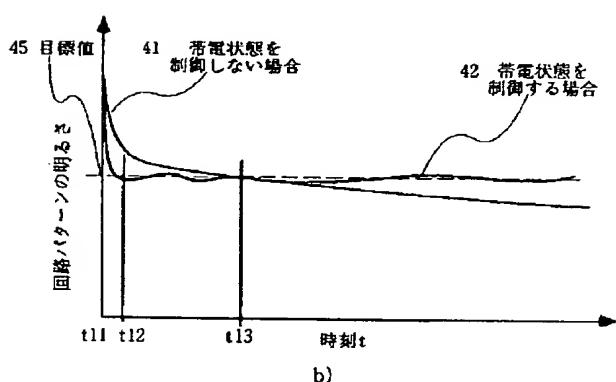
【図17】



【図16】



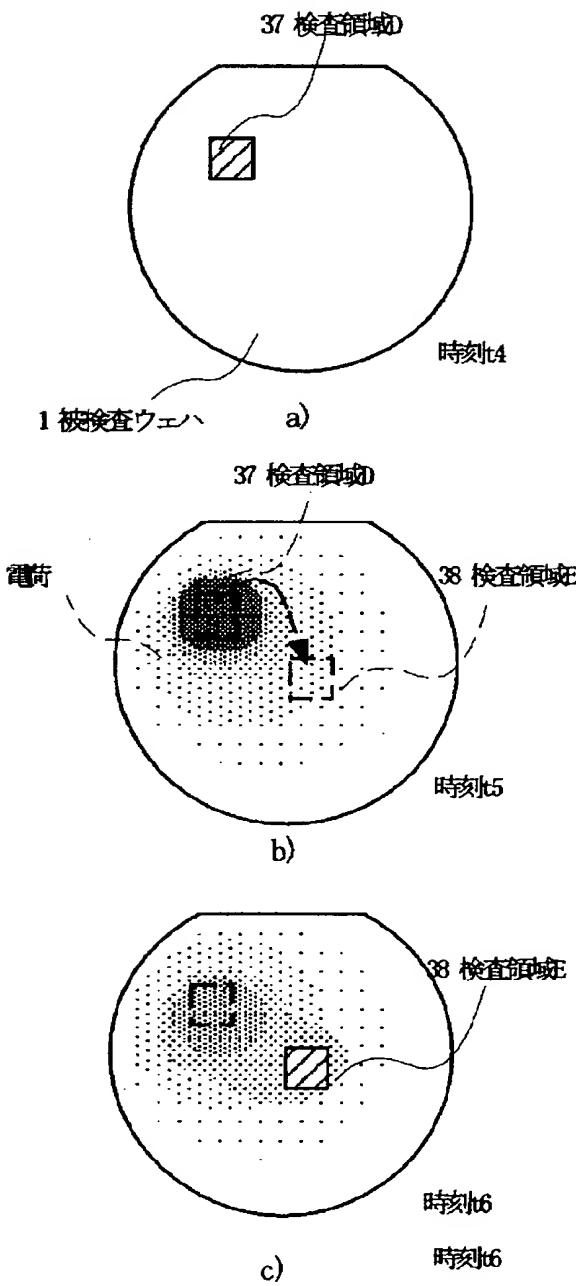
a)



b)

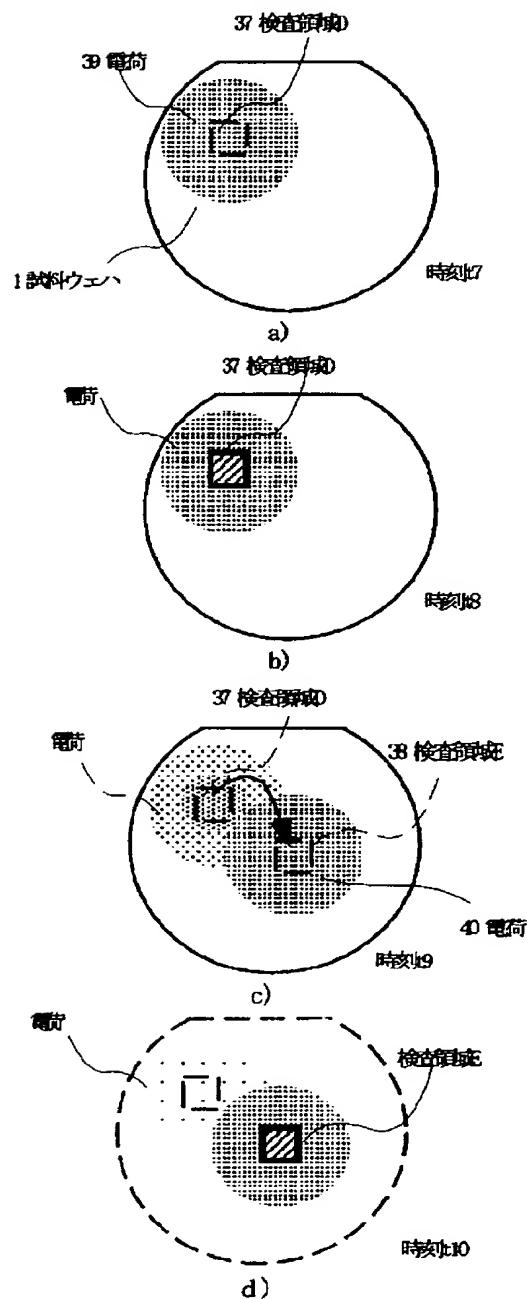
【図14】

図14



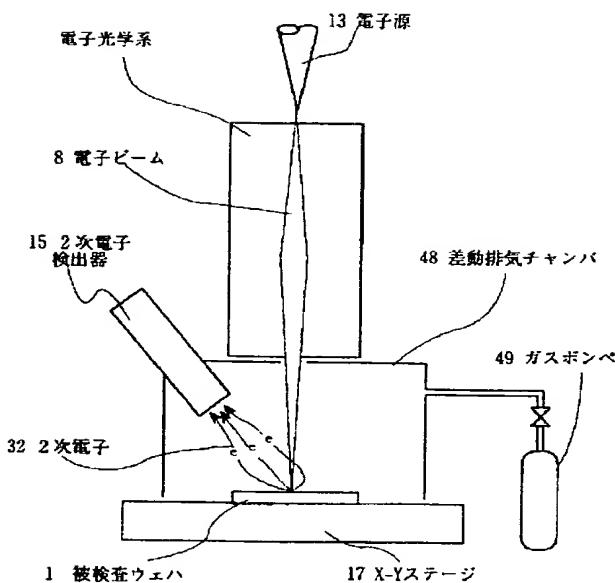
【図15】

図15



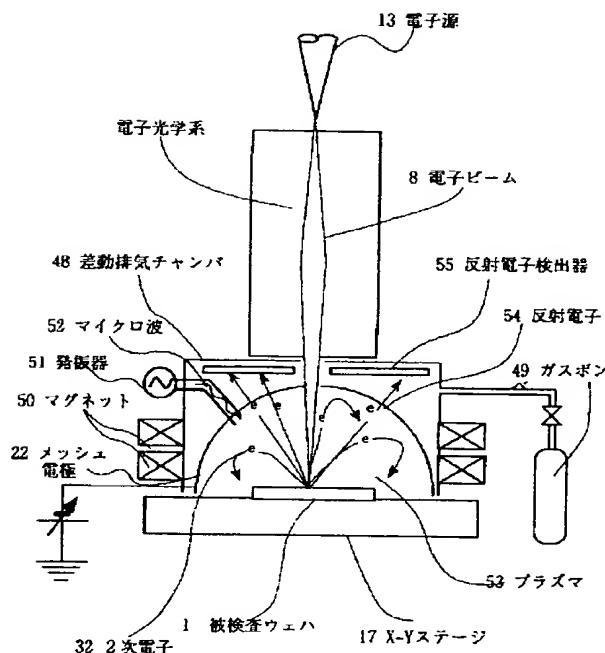
【図18】

図18



【図19】

図19



フロントページの続き

(72)発明者 久邇 朝宏

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 伊藤 文和

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 東 淳三

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 嶋瀬 朗

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 大鋸谷 薫

東京都青梅市今井2326番地株式会社日立製
作所デバイス開発センタ内